

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-206366

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 N 27/06
27/416

識別記号

F I

G 0 1 N 27/06
27/46

Z

3 5 1 B

審査請求 有 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-12435

(22)出願日 平成9年(1997)1月27日

(71)出願人 396021483

財団法人塩事業センター

東京都港区赤坂1丁目12番32号

(72)発明者 吉川 直人

神奈川県小田原市酒匂4丁目13番20号 財
団法人 塩事業センター 技術部 海水総
合研究所内

(74)代理人 弁理士 平木 祐輔 (外1名)

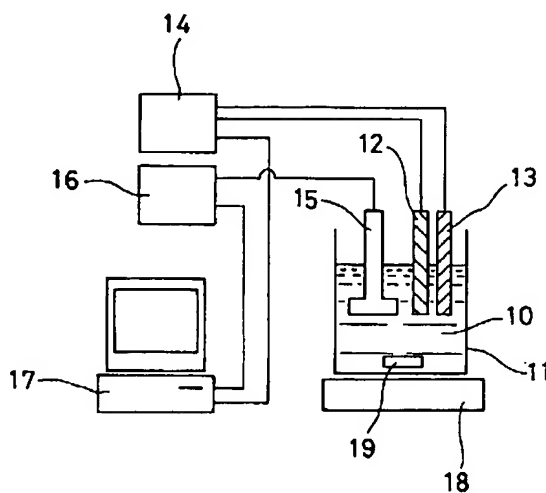
(54)【発明の名称】 塩のカリウムイオン含有量分析方法及び分析装置

(57)【要約】

【課題】 前処理操作を簡略化して塩のカリウムイオン含有量を分析する。

【解決手段】 塩を蒸留水に溶解し、この溶液の電気伝導率により塩分濃度を測定し、カリウムイオン選択性電極12によりカリウムイオン濃度を測定し、測定された塩分濃度とカリウムイオン濃度とから塩中のカリウムイオン含有量を算出することを特徴とする。カリウムイオン含有量Csは、カリウムイオン選択性電極で測定したカリウムイオン選択性電極電位Eと伝導率測定セル15で測定した電気伝導率κから、次式(ただし、a, b, c, dは定数)により演算することができる。試料溶液の塩分濃度範囲は10~50 g/lとし、調製濃度誤差が任意の基準濃度の±5 g/l以内とするのが好ましい。

$$Cs = 10^{a+bE} / (c+d\kappa)$$



【特許請求の範囲】

【請求項1】 塩を蒸留水に溶解し、この溶液の電気伝導率により塩分濃度を測定し、カリウムイオン選択性電極によりカリウムイオン濃度を測定し、測定された塩分濃度とカリウムイオン濃度とから塩中のカリウムイオン含有量を算出することを特徴とする塩のカリウムイオン含有量分析方法。

【請求項2】 前記カリウムイオン選択性電極で測定したカリウムイオン選択性電極電位Eと前記電気伝導率 κ からカリウムイオン含有量Csを下式(ただし、a、

$$Cs = 10^{a+bE} / (c+d\kappa)$$

【請求項3】 溶液の塩分濃度範囲が10～50g/lであり、溶液の調製濃度誤差が任意の基準濃度の±5g/l以内であることを特徴とする請求項1又は2記載のカリウムイオン含有量分析方法。

【請求項4】 蒸留水に塩を溶解した溶液のカリウムイオン濃度を測定するための第1の測定手段と、前記溶液の電気伝導率を測定するための第2の測定手段と、前記第1の測定手段の出力及び前記第2の測定手段の出力から塩のカリウムイオン含有量を演算する演算手段とを具備することを特徴とするカリウムイオン含有量分析装置。

【請求項5】 前記第1の測定手段はカリウムイオン選択性電極を含み、前記演算手段はカリウムイオン選択性電極電位Eと電気伝導率 κ からカリウムイオン含有量Csを下式(ただし、a、b、c、dは定数)により演算することを特徴とする請求項4記載のカリウムイオン含有量分析方法。

$$Cs = 10^{a+bE} / (c+d\kappa)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料中のカリウムイオン含有量分析方法及び分析装置に関し、特に製塩工場で製造した塩製品のカリウムイオン含有量を迅速分析するのに好適な分析方法及び分析装置に関する。

【0002】

【従来の技術】製塩工場では、海水を原料としてイオン交換膜電気透析法により海水を濃縮してかん水(濃い塩水)を得、これを蒸発缶でさらに濃縮して塩の結晶を析出させる方法で製塩を行っている。製造された塩の主成分は塩化物イオン、ナトリウムイオンであり、塩製品の95～99%を占める。これに不純物として、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、硫酸イオンが含有される。

【0003】不純物の中でカリウムイオンは他のイオンと異なりイオン交換膜電気透析法での排除は困難であるため、製塩工程溶液中に多量に存在する。また、ナトリウムイオンと化学的性質が類似しており、塩化ナトリウ

ム(塩)の結晶格子に取り込まれやすいため、カリウムイオン含有量は塩製品の品質を決定する最も重要な指標である。従って、塩製品の品質を維持するためには、品質に応じた適確な工程操作が必要である。

【0004】以上の理由から、製塩工場では製品の品質管理と工程操作のために塩製品のカリウムイオン含有量の分析を日常的に行っている。現在、カリウムイオン含有量の分析は炎光光度計、原子吸光光度計等を用いて行われている。

10 【0005】

【発明が解決しようとする課題】炎光光度計や原子吸光光度計を用いる分析方法では、試料となる塩を一定量天秤により秤量し、メスフラスコに入れ、蒸留水を加えて溶解し、その容量を一定に調製するといった試料の前処理操作が必要である。さらに、この方法は分析者の分析方法に対する知識と操作の習熟、機器のメンテナンス、測定毎の機器のコンディショニング調整が必要である。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、前処理操作を簡略化したカリウムイオン含有量分析方法及び分析装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明においてはまず、塩製品を蒸留水に溶解した試料溶液についてカリウムイオン選択性電極によりカリウムイオン濃度の測定が可能であるかを検討した。その結果、カリウムイオン選択性電極電位とカリウムイオン濃度の対数値との間には良好な直線関係があり、カリウムイオン選択性電極による試料溶液のカリウムイオン濃度測定が可能であることを見出した。また、塩分濃度10～50g/lの範囲において電極電位は塩分濃度の影響を受けないことを見出した。

30

【0007】次に、試料溶液の調製において、塩分濃度を一定にすることと、塩分濃度を正確に測定することを目的として行っている前処理操作、すなわち塩製品を秤量し、蒸留水に溶解し、一定量に調製するといった前処理操作の簡略化を図るために塩分濃度を電気伝導率計により測定することを検討した。その結果、塩分濃度と電気伝導率との間には塩分濃度±5g/lの範囲において良好な直線関係があることを見出した。

40

【0008】これらの検討に基づき、カリウムイオン選択性電極によりカリウムイオン濃度を測定し、電気伝導率計により塩分濃度を測定し、測定したカリウムイオン濃度を塩分濃度で除すことによりカリウムイオン含有量を演算する本発明のカリウムイオン含有量分析方法及び分析装置を完成するに至った。

【0009】すなわち、本発明による塩のカリウムイオン含有量分析方法は、塩を蒸留水に溶解し、この溶液の電気伝導率により塩分濃度を測定し、カリウムイオン選択性電極によりカリウムイオン濃度を測定し、測定された塩分濃度とカリウムイオン濃度とから塩中のカリウム

50

イオン含有量を算出することを特徴とする。カリウムイオン含有量 C_s は、カリウムイオン選択性電極で測定したカリウムイオン選択性電極電位 E と電気伝導率 κ から、次の〔数1〕（ただし、 a 、 b 、 c 、 d は定数）により演算することができる。

【0010】

〔数1〕 $C_s = 10^{a+bE} / (c+d\kappa)$

このとき、溶液の塩分濃度範囲が10～50 g/lであり、溶液の調製濃度誤差が任意の基準濃度の±5 g/l以内であることが、調製の容易さ、及び精度維持の観点からして好ましい。

【0011】また、本発明によるカリウムイオン含有量分析装置は、蒸留水に塩を溶解した溶液のカリウムイオン濃度を測定するための第1の測定手段と、溶液の電気伝導率を測定するための第2の測定手段と、第1の測定手段の出力及び第2の測定手段の出力から塩のカリウムイオン含有量を演算する演算手段とを具備することを特徴とする。

【0012】第1の測定手段はカリウムイオン選択性電極を含み、演算手段はカリウムイオン選択性電極電位 E と電気伝導率 κ からカリウムイオン含有量 C_s を前記〔数1〕により演算するものとしてすることができる。電気伝導率は電気伝導率計により測定できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。ただし、この説明は本発明が以下の実施の形態に限定されることを意図するものではない。

【0014】（1）分析装置

図1は、本発明によるカリウムイオン含有量分析装置の概念図である。この分析装置は、試料溶液10を入れる試料容器11、試料溶液10に浸漬されるカリウムイオン選択性電極12、参照電極13、カリウムイオン選択性電極12と参照電極13に接続されたイオンメータ14、試料溶液10に浸漬される電気伝導率測定セル15、電気伝導率測定セル15に接続された電気伝導率計16、イオンメータ14と電気伝導率計16に接続されたコンピュータ17を備える。試料容器11中の溶液10は、スター18により回転される回転子19により攪拌される。

【0015】試料溶液10に浸漬したカリウムイオン選択性電極12と、参照電極13と、イオンメータ14とによりカリウムイオン選択性電極12の電極電位 E を測定する。また、試料溶液10に浸漬した電気伝導率測定セル15と電気伝導率計16により試料溶液の電気伝導率 κ を測定する。コンピュータ17は、カリウムイオン選択性電極12の電極電位 E と試料溶液10の電気伝導率 κ を下記〔数2〕の右辺に代入することにより塩製品のカリウムイオン含有量 C_s を演算する。この演算は、電極電位 E から求められた試料溶液10のカリウムイオン濃度 C を、試料溶液10の電気伝導率 κ から求められ

た試料溶液の塩分濃度 C_{Total} によって除算する演算と等価である。

【0016】

〔数2〕

$C_s = C / C_{Total} = 10^{a+bE} / (c+d\kappa)$

ただし、 a 、 b 、 c 、 d は定数である。

【0017】ここでは、カリウムイオン選択性電極12としてオリオン社製93-19型、参照電極13としてオリオン社製90-01型、電極電位を測定するイオンメータ14としてオリオン社製EA-940型を用いた。また、電気伝導率計16として東亜電波社製CM-30ET型、電気伝導率セル15として東亜電波社製CG-511B型を用いた。ただし、各電極その他の機器は、ここに示したものに限らず、同機能を有する他の電極あるいは他の機器を使用してもよいのはもちろんである。次に、図1に示した分析装置を用いた分析方法について説明する。

【0018】（2）塩分濃度一定の場合

一般に、イオン選択性電極により測定した電極電位 E とイオン濃度 C の関係は下記〔数3〕に示すネルンストの式で表される。ただし、 E_0 は基準電位（一定）、 S は電極電位スロープ、 γ は活量係数である。

【0019】

〔数3〕 $E = E_0 + S \log(\gamma C)$

ここで、活量係数 γ は溶液の塩分濃度により変化する係数であるが、溶液の塩分濃度が一定の場合、活量係数 γ は定数となり、前記〔数3〕は下記〔数4〕を経て〔数5〕のように変形できるため、電極電位 E を測定することによりイオン濃度 C を算出することができる。

【0020】

〔数4〕

$\log C = (E - E_0 - S \log \gamma) / S = a + bE$

ただし、 $a = -(E_0 + S \log \gamma) / S$ 、 $b = 1 / S$ で、定数である。

【0021】

〔数5〕 $C = 10^{a+bE}$

そこで、まず塩分濃度が一定になるように調製した試料溶液を用いてカリウムイオン選択性電極による塩製品のカリウムイオン含有量の分析について検討した。

【0022】検量線作成用の標準溶液は、塩分濃度10 g/l、50 g/lの2種類とし、カリウムイオン濃度を变化させた試料を各々5点ずつ用意した。カリウムイオン濃度の設定に当たっては、測定対象である塩製品のカリウムイオン含有量が0.05～0.25%の範囲にあるため、塩分濃度に対するカリウムイオン濃度が0.05/100～0.25/100になるように、塩化カリウムを添加して下記の表1に示す設定とした。

【0023】

【表1】

	カリウムイオン含有量 [%]	標準溶液カリウムイオン濃度 [ppm]	
		NaCl 10g/l	NaCl 50g/l
1	0.05	5	25
2	0.10	10	50
3	0.15	15	75
4	0.20	20	100
5	0.25	25	125

【0024】また、塩製品7点を用いて、試料溶液を調製した。調製は標準溶液と同様の塩分濃度になるように塩製品を秤量して、メスフラスコに入れ、蒸留水を加え溶解し、一定量にする方法により行った。

【0025】そして、調製した標準溶液、試料溶液のカリウムイオン選択性電極電位を測定した。電極電位の測定は塩製品を蒸留水に溶解したときのpHが5～8の範囲にあるため、pH5とpH8の場合について測定した。また、原子吸光法により標準溶液のカリウムイオン濃度と塩製品のカリウムイオン含有量を分析した。

【0026】図2に、塩分濃度が10g/lの場合の標準溶液のカリウムイオン濃度分析値の対数値とカリウムイオン選択性電極電位との関係を示し、図3に、塩分濃度が50g/lの場合の標準溶液のカリウムイオン濃度分析値の対数値とカリウムイオン選択性電極電位との関係を示す。

【0027】いずれの塩分濃度においても良好な直線関係が見られた。直線の傾きは約60mV/decadeであり、ネルンスト応答を示した。以上のようにカリウムイオン濃度測定用の検量線として十分な精度であった。また、pHの影響については、pH5とpH8の場合に電極電位の差異は見られなかった。低pHの水溶液中の陽イオン濃度測定においては、水素イオンによりイオン選択性電極が妨害を受ける場合があるが、上記のとおり本測定法はpH5～8の範囲では水素イオンの影響を受けない。さらに、pHが8以上の場合は、pH5～8の場合と比較して水素イオン濃度が低くなり、カリウムイオン選択性電極は水素イオンの妨害を受けにくくなるため、本測定法はpH5以上ではpHの影響を受けないと考えられる。前記のとおり、塩製品を蒸留水に溶解したときのpHは5～8の範囲であるため、塩製品の測定においてはpHの影響は無視することができる。

【0028】試料溶液のカリウムイオン選択性電極電位測定値から図2、図3に示すカリウムイオン選択性電極電位とカリウムイオン濃度の関係を用いてカリウムイオン濃度を算出し、試料溶液のカリウムイオン濃度を塩分濃度で除すことによりカリウムイオン含有量を演算した。

【0029】図4、図5に、イオン選択性電極電位測定値に基づくカリウムイオン含有量の測定値と原子吸光法による分析値との関係を示した。測定値と分析値とはよく一致しており、塩分濃度をほぼ一定に調製することによりカリウムイオン選択性電極で迅速分析が可能であつ

た。また、pHの影響についてはpH5と8の場合に測定値に差異は見られず、pH調整の必要はないことがわかった。

【0030】しかし、この方法では試料溶液の塩分濃度を一定に調製し、塩分濃度を測定するために塩製品の秤量、蒸留水への溶解、容量を一定にするといった複雑な前処理操作が必要である。

【0031】(3) 塩分濃度10～50g/lの場合
前記標準溶液の塩分濃度10g/lと50g/lにおけるカリウムイオン選択性電極電位とカリウムイオン濃度分析値との関係を図6にあわせて示した。図中○は10g/lを示し、□は50g/lを表す。同図から明らかなように、両者には良好な直線関係がある。塩分濃度10～50g/lの範囲において前記〔数3〕中の活量係数 γ は一定であり、カリウムイオン選択性電極電位は塩分濃度の影響を受けないため、塩分濃度一定の場合と同様に〔数5〕によりカリウムイオン濃度測定が可能である。前述のように、一般的に塩分濃度一定の場合には〔数3〕中の活量係数 γ は一定であるが、ここに示されているように塩分濃度10～50g/lの範囲において活量係数 γ が一定と見なすことができることは新たな発見である。なお、活量係数 γ は、塩分濃度の範囲を10～100g/lに広げてても一定と見なすことができた。

【0032】前記(2)で測定した試料溶液のカリウムイオン選択性電極電位から図6に示すカリウムイオン選択性電極電位とカリウムイオン濃度の関係を用いてカリウムイオン濃度を算出し、試料溶液のカリウムイオン濃度を塩分濃度で除すことによりカリウムイオン含有量を演算した。

【0033】図7に、本装置による測定値と原子吸光法による分析値との関係を示した。測定値と分析値とはよく一致しており、塩製品のカリウムイオン含有量は塩製品の塩分濃度を10～50g/lに調製することによりカリウムイオン選択性電極で迅速分析可能であった。

【0034】この方法では対応できる塩分濃度範囲が10～50g/lと広く、試料溶液の塩分濃度を一定にする必要はなかった。しかし、塩分濃度を測定するために塩製品の秤量、蒸留水への溶解、容量を一定にするといった前処理操作が必要である。

【0035】(4) 塩分濃度と電気伝導率との関係
前記(3)の測定において行っていた前処理操作を軽減するためには、試料溶液の塩分濃度をセンサーにより測定することが必要である。そこで、塩分濃度測定用のセンサーについて検討した結果、塩分濃度と電気伝導率との間には良好な相関関係があることを見出した。

【0036】代表的な塩製品である食塩と並塩を用いて塩分濃度10～50g/lに調製した溶液について電気伝導率計により電気伝導率を測定した。図8に、塩分濃度10～50g/lの範囲において測定した電気伝導率と塩分濃度との関係を示した。図中○は食塩を示し、□

は並塩を表す。図8から明らかなように、食塩、並塩各々について良好な2次の相関関係が見られる。また、食塩は水分量が0.1%程度であり、並塩は1.5%程度である。このため、各々別の相関式が必要であった。

【0037】図9に塩分濃度10~20g/lの範囲の電気伝導率と塩分濃度との関係を、図10に塩分濃度40~50g/lの範囲の電気伝導率と塩分濃度との関係を示す。図中○は食塩を示し、□は並塩を表す。いずれの塩分の濃度範囲においても食塩、並塩各々について下記〔数6〕に示すような1次の良好な相関関係が見られた。

【0038】

〔数6〕 $C_{Total} = c + d\kappa$

ただし、 C_{Total} は塩分濃度、 κ は電気伝導率、 c 、 d は定数である。

【0039】図8、図9、図10より、電気伝導率計による塩分濃度測定が可能であることが分かる。また、図9、図10より、塩分濃度10~20g/lあるいは40~50g/lの範囲、すなわちこれらの基準濃度、つまり塩分濃度10~20g/lの場合は15g/l、塩分濃度40~50g/lの場合は45g/lに対し、調製濃度誤差±5g/lの範囲であれば、電気伝導率と塩分濃度との関係を直線で近似できることが分かる。電気伝導率から塩分濃度を算出するための検量線を校正することを考えた場合、直線であれば2点の標準溶液で簡単に校正できる。これに対して2次曲線の場合は、精度の高い分析を行おうとすると3点以上の標準溶液が必要となり時間と労力を要する。

【0040】ここで、図8に示した電気伝導率と塩分濃度との関係式を用いて塩分濃度測定を行った場合のカリウムイオン含有量と、上述の任意の基準濃度に対する調製濃度誤差±5g/lの範囲で直線近似をして検量線を作成し塩分濃度測定を行った場合のカリウムイオン含有量の測定誤差解析を行ったところ、図11に示すような結果が得られた。図11から、基準濃度15~45g/lの範囲内で、直線近似をして塩分濃度測定を行った場合、図8の関係式を用いて塩分濃度測定を行った場合に比べて測定誤差は±1%以内であり、実用上は塩分濃度15~45g/lで、任意の基準濃度に対する調製濃度誤差±5g/lの範囲で直線近似をして塩分濃度測定を行っても支障がないことが分かる。従って、塩分濃度10~50g/lの範囲内で、予め定めた基準濃度に対して±5g/l以内の塩分濃度に調製することによって、簡便に校正をすることが可能となる。

【0041】また、試料溶液の塩分濃度を10~50g/lの範囲内で、任意の基準濃度に対し調製濃度誤差±5g/l以内に調製するには、以下の操作で簡単に対応できる。例えば、塩分濃度を10~20g/lに調製する場合、スパーテル1杯(1.5g)程度の塩製品を100mlのビーカーに入れ、ビーカーに示されている1

00mlの目盛線にあわせて適当量蒸留水を加えるといった簡単な操作で達成できる。また、塩分濃度を40~50g/lに調製するにはスパーテル3杯(4.5g)程度の塩製品を用いれば以下同様の操作により簡単に達成できる。この場合、汎用のスパーテルの他、一般的な計量スプーンを用いることも可能である。

【0042】以上のように、スパーテル等を用いて塩分濃度を任意の基準濃度に対して±5g/lの範囲に調製した試料溶液を作成しさえすれば、非常に簡便に塩製品のカリウムイオン含有量を測定することができる。

【0043】すなわち、塩製品と蒸留水で塩分濃度10~50g/lの範囲で基準濃度±5g/lに試料溶液を調製し、試料溶液に浸漬したカリウムイオン選択性電極、参照電極とイオンメータによりカリウムイオン選択性電極電位Eを測定する。また、試料溶液に浸漬した電気伝導率測定セルと電気伝導率計により電気伝導率 κ を測定する。そして、カリウムイオン選択性電極電位Eから試料溶液のカリウムイオン濃度Cを算出し、電気伝導率 κ から試料溶液の塩分濃度 C_{Total} を算出し、前述の〔数2〕により塩製品のカリウムイオン含有量Csを演算すればよい。この演算はコンピュータ17により容易に行うことができる。

【0044】(5)分析手順

次に、分析手順の一例として、試料溶液の塩分濃度を10~20g/lに調製して分析する場合について説明する。まず、分析に先立ち、2点の標準溶液を用いてカリウムイオン選択性電極、電気伝導率計の校正を行う。校正用の標準溶液は、次の表2に示す組成の溶液を用いる。

【0045】

〔表2〕

	塩分濃度(g/l)	カリウムイオン濃度(ppm)
標準溶液1	10	5
標準溶液2	20	25

【0046】①標準溶液1に電気伝導率セルとカリウムイオン選択性電極、参照電極を浸漬し、試料溶液をスターラー、回転子で攪拌しながらカリウムイオン選択性電極電位と電気伝導率を測定する。

②標準溶液2についても①と同様にカリウムイオン選択性電極電位と電気伝導率を測定する。

【0047】③測定した2点のカリウムイオン選択性電極電位とカリウムイオン濃度との関係から、前記〔数5〕の定数a、bを算出する。

④測定した2点の電気伝導率と塩分濃度との関係から、前記〔数6〕の定数c、dを算出する。

【0048】⑤算出した定数a、b、c、dを前記〔数1〕又は〔数2〕に代入することにより、カリウムイオン含有量の演算式を作成する。次に、塩製品のカリウムイオン含有量の迅速測定を行う。

⑥スパーテルで塩製品をビーカーに採取し、蒸留水を適当量添加して試料溶液を塩分濃度を10～20 g/lの範囲で基準濃度±5 g/lに調製する。

【0049】⑦試料溶液に電気伝導率セルとカリウムイオン選択性電極、参照電極を浸漬し、試料溶液をスターラ、回転子で攪拌しながらカリウムイオン選択性電極電位Eと電気伝導率 κ を測定する。

⑧測定した電気伝導率 κ 及びカリウムイオン選択性電極電位Eを〔数1〕又は〔数2〕に代入することにより、すなわちカリウムイオン濃度を塩分濃度で除すことにより、塩製品のカリウムイオン含有量を演算する。

【0050】図12は、塩分濃度が10～20 g/l (15±5 g/l) となるように試料溶液を調製して分析を行った場合の分析結果を示す。また、図13は、塩分濃度が40～50 g/l (45±5 g/l) となるように試料溶液を調製して分析を行った場合の分析結果を示す。図12及び図13において、縦軸は本発明の方法による測定値であり、横軸は原子吸光法による分析値である。図中○は食塩を示し、□は並塩を表す。いずれの塩分濃度においても、原子吸光法による分析値と本発明の分析装置による測定値とは良好に一致しており、本発明は塩製品のカリウムイオン含有量の迅速分析に有効であった。

【0051】

【発明の効果】本発明によると、従来は不可欠であった塩製品を秤量し、蒸留水に溶解し、一定容量に調製するといった前処理操作を、スパーテル等を用いて塩製品を蒸留水に基準濃度±5 g/lになるように溶解するといった簡略な操作に置き換えることができ、塩製品のカリウムイオン含有量を迅速かつ正確に分析することができる。従って、製品の品質管理のための分析操作を簡便化し、分析結果を迅速に工程操作にフィードバックすることができるため、製塩工場における適確な工程操作を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるカリウムイオン含有量分析装置の一例の概略図。

【図2】塩分濃度10 g/lの試料溶液のカリウムイオン濃度とカリウムイオン選択性電極電位との関係を示す

図。

【図3】塩分濃度50 g/lの試料溶液のカリウムイオン濃度とカリウムイオン選択性電極電位との関係を示す図。

【図4】カリウムイオン選択性電極により、塩分濃度を10 g/lに調製した試料溶液を用いて塩製品のカリウムイオン含有量を分析した結果を示す図。

【図5】カリウムイオン選択性電極により、塩分濃度を50 g/lに調製した試料溶液を用いて塩製品のカリウムイオン含有量を分析した結果を示す図。

【図6】塩分濃度10 g/l～50 g/lの試料溶液のカリウムイオン濃度とカリウムイオン選択性電極電位との関係を示す図。

【図7】カリウムイオン選択性電極により、塩分濃度を10～50 g/lに調製した試料溶液を用いて塩製品のカリウムイオン含有量を分析した結果を示す図。

【図8】塩分濃度10～50 g/lにおける塩分濃度と電気伝導率との関係を示す図。

【図9】塩分濃度10～20 g/lにおける塩分濃度と電気伝導率との関係を示す図。

【図10】塩分濃度40～50 g/lにおける塩分濃度と電気伝導率との関係を示す図。

【図11】塩分濃度15～45 g/lにおける塩分濃度測定の検量線を2次曲線近似した場合、直線近似した場合の測定誤差を示す図。

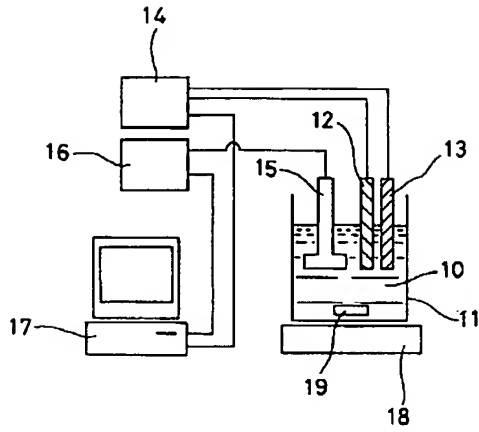
【図12】本発明のカリウムイオン含有量分析装置により塩分濃度を10～20 g/lに調製した試料溶液を用いて塩製品のカリウムイオン含有量を分析した結果を示す図。

【図13】本発明のカリウムイオン含有量分析装置により塩分濃度を40～50 g/lに調製した試料溶液を用いて塩製品のカリウムイオン含有量を分析した結果を示す図。

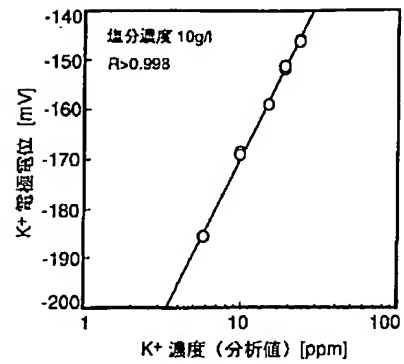
【符号の説明】

10…試料溶液、11…試料容器、12…カリウムイオン選択性電極、13…参照電極、14…イオンメータ、15…電気伝導率測定セル、16…電気伝導率計、17…コンピュータ、18…スターラ、19…回転子

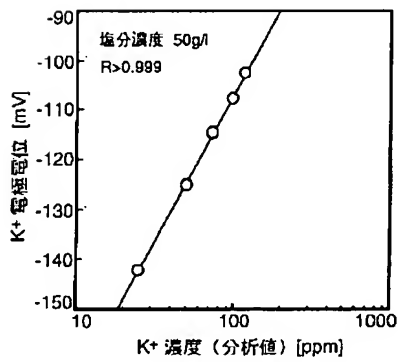
【図1】



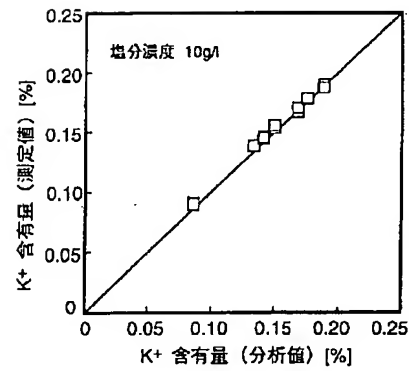
【図2】



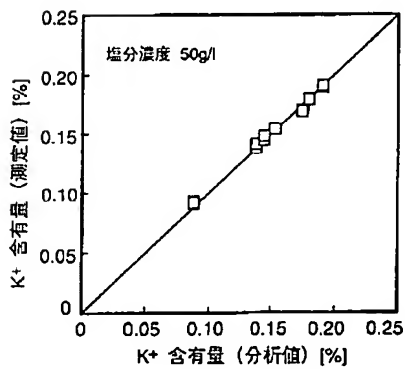
【図3】



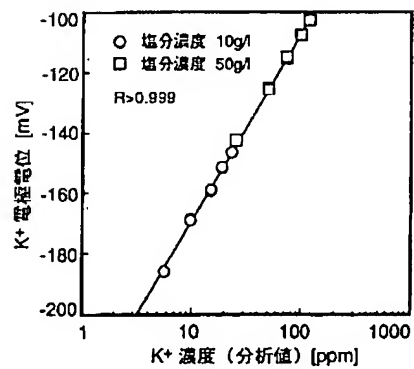
【図4】



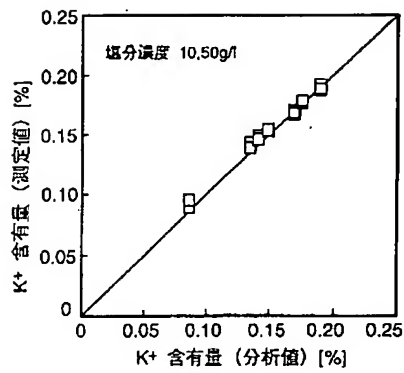
【図5】



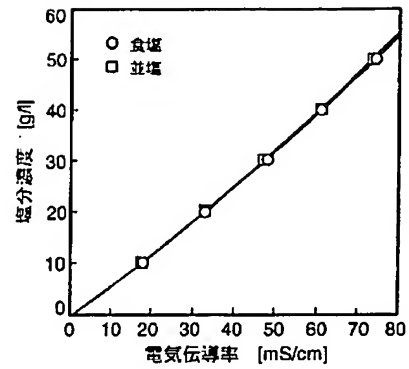
【図6】



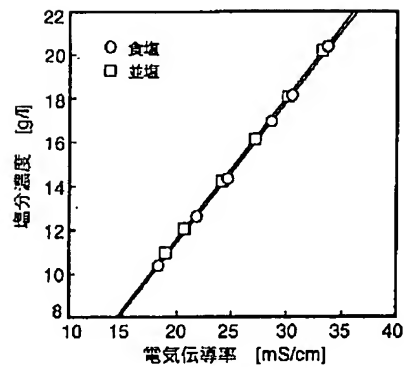
【図7】



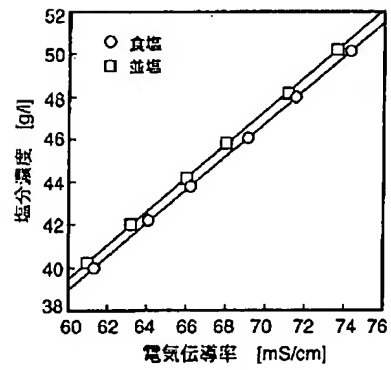
【図8】



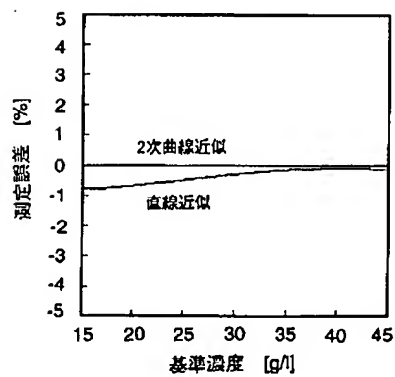
【図9】



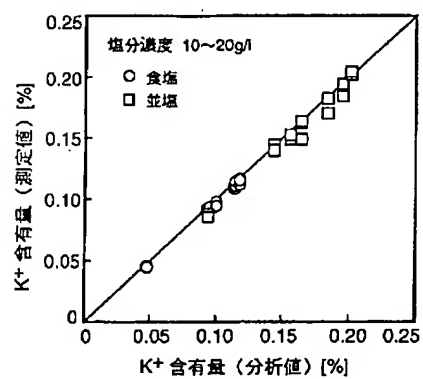
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

